

(171) 高 Cr-Ni オーステナイト鋼の  
高温疲労強度

(高 Cr-Ni オーステナイト鋼の研究—Ⅲ)

日本金属工業 〇塚本 富士夫  
姫路工業大学 工博川崎 正  
日本金属工業 細江 謙吉

Fatigue Strength of High Cr-Ni  
Austenitic Steels at Elevated Tem-  
peratures.

(Study on high Cr-Ni austenitic steels—Ⅲ)

Fujio TUKAMOTO, Dr. Tadashi KAWASAKI  
and Kenkichi HOSOE.

I. 結 言

耐熱オーステナイトステンレス鋼の高温疲労強度に関する研究は、高温機械用材料としての実用上の面からもその研究が要望されているにもかかわらず、研究がほとんど行なわれていない。著者らは耐熱ステンレス鋼の高温強度に関する研究の一環として AISI 309, 310, 330 型の高温疲労強度に関する実験を行ない、合金元素、熱処理条件、溶解条件の影響を検討したので以下にその結果を報告する。

II. 試料および実験方法

試料は 200 kg 塩基性高周波炉および 100 kg 真空高周波炉により溶製した。50~100 kg 鋼塊を 16mm φ に熱間圧延し、特殊の場合を除き 1100°C にて 1 時間均熱後水冷の溶体化処理を施したのち試験に供した。試料の化学成分は第 1 報に述べたとおりで AISI 309, 310, 330 の

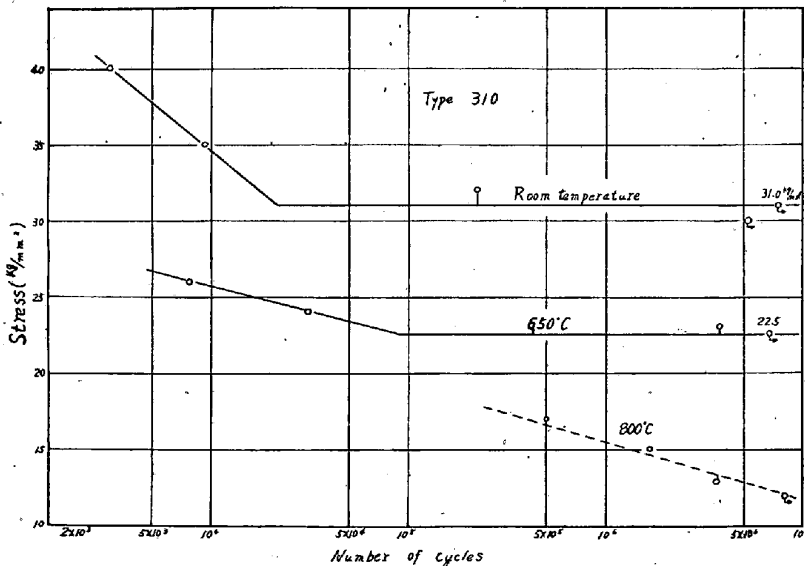


Fig. 1. S-N curves for AISI 310 type (KX 18) at room temperature, 650°C and 800°C.

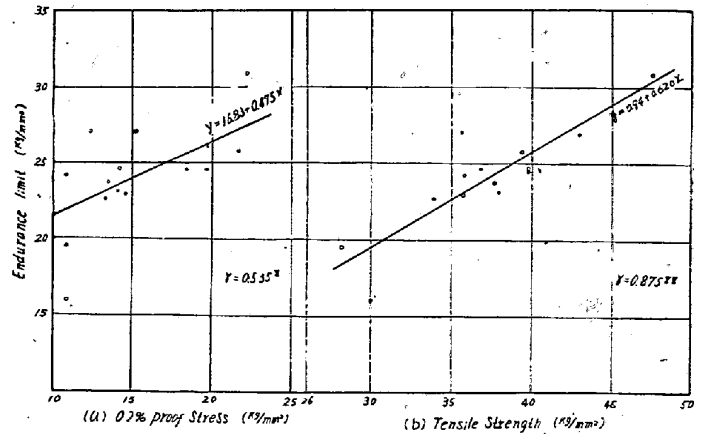


Fig. 2. Relation between tensile properties and endurance limit for AISI 309 type at 650°C.

標準成分のほか、C, N, Cr, Ni などの合金元素量をいろいろ変化せしめた大気溶解材ならびにこれと同一成分の真空溶解材を用いた。

高温疲労試験は実験の都合上 309 型は片持梁式、310, 330 型は小野式回転曲げ試験機を用い、前者は 1700rpm 後者は 3000 rpm で試験を行なった。試験片寸法はいずれも平行部長さ 30mm, 径 8mm φ である。試験機が異なるので、おのおのの疲労強度の比較を避けた。試験温度はクリーププラプチャー強度と対応してとくに疲労強度が問題となる。低温側をえらび、650°C 試験を主体とした。試験中の温度変動はいずれも ±5°C 以内で、約 60 分で所定温度に上昇後 30 分保持してから荷重を与えた。

III. 実験結果

1. 疲労強度一般

著者の一人りはさきに各種オーステナイトステンレス鋼の 700°C までの疲労試験において、耐久限の存在を見出したが、本実験においても Fig. 1 のごとく 650°C において一定の耐久限の存在を認め、 $0.5 \times 10^7$  回までの繰返しで破断が起らない最大応力を耐久限と定めた。

650°C においては試験中クロム炭化物などの迂り面への析出による強化が行なわれたためと考えられる。これに対して 800°C においては  $0.8 \times 10^7$  回までの試験では耐久限の存在は認められない。

650°C における耐久限と抗張力には Fig. 2 に示すごとく、高度の正相関があり、耐久限と抗張力の比、すなわち耐久比は常温における耐久比より高い値を示す。耐久限

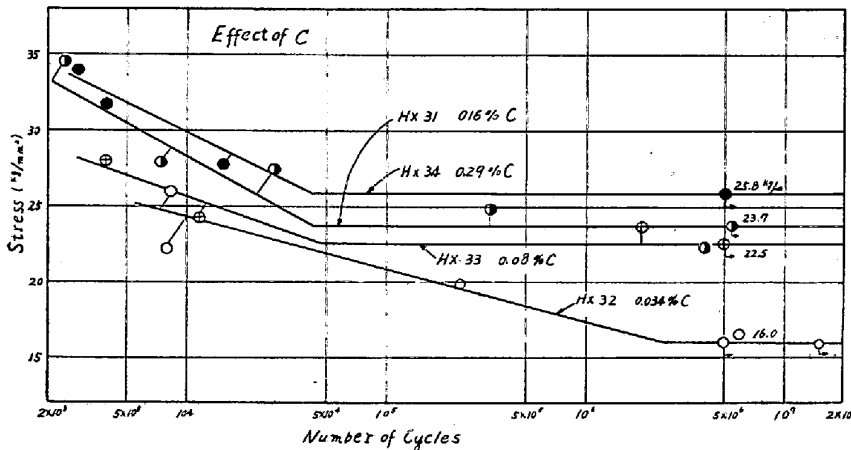


Fig. 3. S-N curves for AISI 309 type (HX) at 650°C.

と 0.2% 耐力にもほぼ同様の関係があるが耐久限は耐力よりも高い値をとる。これらは高温疲労試験中に強化が行なわれることを示すものである。

#### 2. 合金元素の影響

AISI 309, 310, 330 型の合金元素の 650°C における疲労強度の影響を調べた。

(1) C: 309 型の 650°C 疲労試験結果を Fig. 3 に示した。C の高いものほど疲労強度が高く、S-N 曲線の析点に対応する繰返数すなわち限界繰返数  $N_c$  点は C が低いほど高い値を示す。同様の関係は 310, 330 型にも存在する。

(2) N: 309, 310 型における N の影響は C と同様疲労強度を高める。N 0.2% の添加による強度の改善効果はとくにいちじるしい。

(3) Si: 309, 310 型における Si の影響はわずかに疲労強度を高める。309 型に Si を 2.2% 添加したものは相当量のフェライトを含み、有限寿命における疲労強度をいちじるしくばらつかせるが、疲労強度にはいちじるしい影響がない。

(4) Cr: 完全オーステナイトの 35% Ni 鋼に対する Cr 15~25% の疲労強度には差異が認められない。

(5) Ni: 完全オーステナイトの 25% Cr 鋼に対する Ni 20% と 35% の比較では Ni による疲労強度の向上が認められる。

#### 3. 溶体化処理温度の影響

309, 310 型に対し、溶体化処理温度を 1000~1300°C に変化させた場合の 650°C 疲労強度におよぼす影響を調べた。結果は Fig. 4 のとおりで溶体化処理温度の上昇とともに耐久限は向上するが、1300°C ではかえって低下する。常温疲労においては、18-8 鋼に対し結晶粒の微細化によつて耐久限の向上が報告<sup>2)</sup>されているが、高温疲労においては溶体化処理温度上昇に伴う結晶粒の

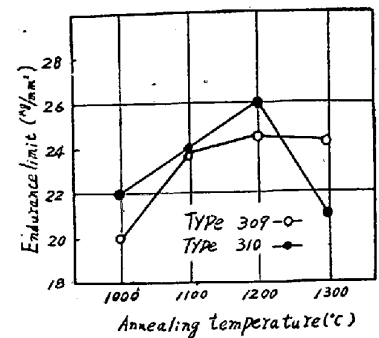


Fig. 4. Effect of annealing temperature on the fatigue strength of high Cr-Ni austenitic steels at 650°C.

粗大化による劣化よりも、炭化物の固溶による過飽和溶質原子の増加による強化が疲労強度にいちじるしく寄与するものと考えられる。

#### 4. 高温疲労後の硬度と金属組織

650°C 疲労中の曲げ応力によつて試料の表面部においてもつとも高い応力を受ける結果、表面部はいちじるしい硬化を生じた。これはまた顕微鏡組織において表面部に迂り帯が多く、炭化物の析出がいちじるしいことから認められる。

### IV. 結 言

高 Cr-Ni の耐熱オーステナイトステンレス鋼の高温疲労強度は C, N などの侵入型溶質原子の高温疲労中の析出によつて強化される結果、650°C において一定の耐久限を有し、C, N の高いほどまた熱処理温度はある程度まで高い方が疲労強度を改善することを明らかにした。

### 文 献

- 1) 篠田, 桜井, 佐野, 川崎, 泉: 日本金属学会誌, 24 (1960) 10, 645
- 2) H. HABART, R. CANGHEY: Metal. Progress, 35 (1939), 469